

OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LIMPEZA EM EQUIPAMENTO DE BENEFICIAMENTO DE TOMATE DE MESA

MICHELE C. SILVA¹, ANDRÉ T. O. FRANCO², MARCOS D. FERREIRA³,
ANA M. DE MAGALHÃES⁴, ROBERTO TESTEZLAF⁵

RESUMO: A etapa de limpeza no sistema de beneficiamento do tomate de mesa é essencial para a aceitação do produto pelo consumidor, pois o grau de limpeza dos frutos está diretamente relacionado com a qualidade do produto. Entretanto, a etapa de lavagem, nos atuais equipamentos de limpeza, utilizada em unidades comerciais de beneficiamento, demanda volume excessivo de água, trazendo sérias preocupações ambientais. Este trabalho teve como objetivo comparar a eficiência de limpeza em dois sistemas, avaliando diferentes configurações operacionais relacionadas com a rotação de escovas, vazão do sistema e tempo de permanência do fruto sobre o jato. Comparou-se o sistema convencional utilizado em equipamentos comerciais com o sistema composto por um bocal de *spray* do tipo cone cheio. Os resultados demonstraram que a eficiência de limpeza não está diretamente relacionada com o volume de água utilizado, mas, sim, à pressão da água, associado ao tempo de permanência dos frutos e à rotação das escovas. Portanto, o uso de *spray* em sistemas de limpeza de frutos de tomate pode trazer benefícios tanto para a eficiência de limpeza, com incrementos superiores a 13%, como para o meio ambiente, trazendo redução no consumo de água.

PALAVRAS-CHAVE: *Lycopersicum esculentum*, sistemas de limpeza, consumo de água.

OPTIMIZING CLEANING EFFICIENCY AT A FRESH MARKET TOMATO PACKING LINE

ABSTRACT: The post-harvesting cleaning process in fresh market tomatoes production is essential to the consumer acceptance, since the degree of dirtiness of the fruits is directly related to its quality. However, the washing stage of the cleaning process of commercial packinghouse demands an excessive water volume, bringing serious environmental concerns. The objective of this work was to compare the cleaning efficiency in two cleaning systems through the evaluation of different operational conditions of the cleaning process, related with the brush rotation, water flow and fruit standing time under the system. It was compared the conventional system utilized in commercial equipment with a system using commercial sprays. The results showed that the cleaning efficiency was not directly related to the water volume used, but to the water pressure, standing time and brushes rotation. Therefore, the use of commercial sprays can bring benefits to the cleaning efficiency, increasing it up to 13%, and to the environmental, decreasing water consumption.

KEYWORDS: *Lycopersicon esculentum*, cleaning systems, water consumption.

¹ Aluno de graduação, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, Fone: (0XX19) 3521.1008, michele.silva@agr.unicamp.br

² Aluno de graduação, Faculdade de Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas - SP.

³ Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos - SP.

⁴ Pós-Graduanda, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

⁵ Prof. Titular, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 3-7-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 20-10-2008

INTRODUÇÃO

Buscando atender à demanda do mercado interno, a produção do tomate de mesa tem crescido ao longo dos anos, graças aos avanços tecnológicos e melhoramentos genéticos que têm possibilitado o aumento da produtividade e tornado a cultura uma das hortaliças mais importantes para o País. Concentrada nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, a produção de tomate, no Brasil, em 2005, foi estimada em 3.155 mil toneladas, sendo a menor dos últimos quatro anos (BRASIL, 2007). No Estado de São Paulo, estimou-se o aumento de 7,5% na produção do tomate de mesa, na safra 2005/2006 (CASER et al., 2006).

Para atender ao aumento da demanda e manter-se competitivo no mercado, faz-se necessário os ajustes na estrutura organizacional das empresas que almejam continuar a ocupar lugar na cadeia de distribuição, oferecendo produtos de qualidade ao consumidor final. Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), os principais fatores que provocam perdas de produtos perecíveis de origem vegetal são os processos inadequados de manuseio, transporte e armazenamento. Calcula-se que as perdas em qualidade e quantidade da produção do tomate representam 5% do custo de pós-colheita (AGRIANUAL, 2002), gerando a necessidade de evolução no processo de produção, tanto na fase de colheita como na de pós-colheita.

MARCOS (2001) afirmou que os consumidores relacionam o grau de sujeidade dos frutos com a sua qualidade; assim, quanto menor a sujeidade dos produtos, maior a aceitação do consumidor, o que torna a etapa de limpeza essencial no sistema de beneficiamento. Outro fator importante a ser levado em consideração na etapa de lavagem do tomate é o uso dos recursos hídricos, tendo em vista que o sistema de limpeza convencional, funcionando 8 horas por dia, consome cerca de 18 m³ de água diariamente (SILVA et al., 2006), além do crescimento da demanda mundial desse recurso natural. Portanto, o uso racional da água tem-se tornado cada vez mais necessário.

Visando a fornecer informações técnicas que contribuam com a otimização do sistema de limpeza em equipamentos de beneficiamento de tomate de mesa, este trabalho teve como objetivo a comparação da eficiência de limpeza de dois sistemas de aspersão utilizados no processo de lavagem do tomate de mesa com diferentes configurações de rotações de escovas, vazão do sistema e tempo de lavagem. O primeiro sistema é comumente utilizado em equipamentos comerciais de beneficiamento de frutos, construído basicamente por tubos de PVC com orifícios. O segundo sistema, proposto neste trabalho, é composto por bocal de *spray* do tipo cone cheio - Quick Full Jet-ProMax (QPHA-1.5), fabricado por Spray Systems S.A.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório UNIMAC, da Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, em Campinas - SP, onde foi instalado o equipamento em estudo, fabricado pela Indústria e Comércio Barana Ltda., que dispõe de grupos de escovas com diferentes funções, como esquematizado na Figura 1.

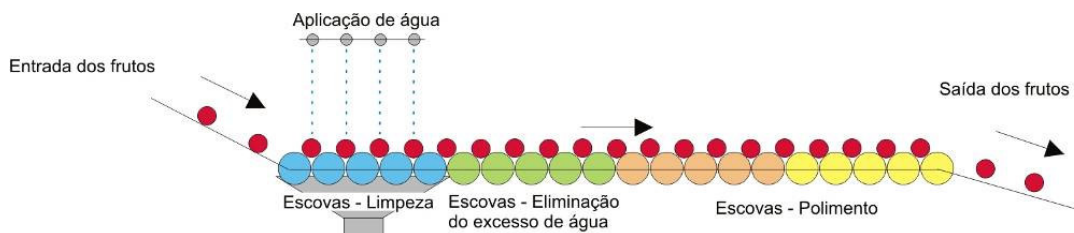


FIGURA 1. Esquema do sistema de limpeza de frutos. **Outline of the fruit cleaning system.**

O primeiro grupo é formado por escovas com cerdas de origem sintética, que, associado com o sistema de aspersão de água, tem a função de remover as impurezas superficiais dos frutos. O segundo grupo dispõe de escovas específicas para a eliminação do excesso de água. Na última

etapa, os frutos passam por escovas com cerdas de origem animal, responsáveis pelo polimento. Após o polimento, os frutos são classificados e embalados.

Caracterização do sistema convencional

O sistema de aspersão original desse equipamento é composto por tubulações de PVC do tipo predial, soldáveis, com bitola de 25,0 mm e espessura de 1,7 mm, que possuem, na parte inferior, orifícios com 2,21 mm de diâmetro médio, espaçados em 30,0 mm (Figura 2). O sistema dispõe de quatro válvulas que possibilitam a regulação de vazão de cada tubo de forma independente.



FIGURA 2. Sistema de lavagem convencional. **Conventional cleaning system.**

Para a avaliação da eficiência do sistema convencional, definiram-se configurações operacionais do equipamento de beneficiamento, variando-se a rotação das escovas (baixa: 80 rpm e alta: 160 rpm), a vazão de água (baixa: 4.800 mL min⁻¹, média: 12.000 mL min⁻¹ e alta: 24.000 mL min⁻¹) e o tempo de lavagem (1 e 2 minutos), conforme os tratamentos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Tratamentos para avaliação da eficiência do sistema convencional de limpeza. **Conventional treatments cleaning efficiency evaluation.**

Tratamento	Rotação das Escovas (rpm)	Vazão de Água mL min ⁻¹	Tempo de Lavagem (min)	Volume de Água Consumido (mL)
A'	80	4.800	1	4.800
B'	80	4.800	2	9.600
C'	80	12.000	1	12.000
D'	80	12.000	2	24.000
E'	80	24.000	1	24.000
F'	80	24.000	2	48.000
G'	160	4.800	1	4.800
H'	160	4.800	2	9.600
I'	160	12.000	1	12.000
J'	160	12.000	2	24.000
K'	160	24.000	1	24.000
L'	160	24.000	2	48.000

Caracterização do sistema proposto

Em substituição ao sistema convencional, utilizou-se um bico *spray* (aspersor) com jato do tipo cone cheio, fabricado por Spray Systems S.A., modelo Quick Full Jet-ProMax (QPHA-1.5), que, de acordo com SILVA et al. (2006), atende às exigências do fruto em questão, principalmente quanto ao impacto produzido pelo jato de água formado por esse bocal. Para a utilização desse dispositivo, foi necessária a construção de um sistema de bombeamento a fim de obter a pressão necessária para a formação do jato de água (Figura 3).



FIGURA 3. Sistema de bombeamento utilizado nos ensaios. **Pumping system used on the proposed trials.**

O sistema de aspersão proposto foi avaliado utilizando-se como tratamentos de combinações dos seguintes parâmetros operacionais: rotação das escovas (baixa: 80 rpm, e alta: 160 rpm); tempo de lavagem (1 e 2 minutos), e vazão (baixa: 500 mL min⁻¹, média: 650 mL min⁻¹, e alta: 800 mL min⁻¹). Os valores de vazão adotados foram significativamente inferiores aos do sistema convencional para se adequar à faixa de operação do *spray*. O resumo dos tratamentos avaliados para o sistema proposto está apresentado na Tabela 2.

TABELA 2. Tratamentos para avaliação da eficiência do sistema alternativo. **Alternative treatments cleaning efficiency evaluation.**

Tratamento	Rotação das Escovas (rpm)	Vazão de Água (mL min ⁻¹)	Tempo de Lavagem (min)	Volume de Água Consumido (mL)
A	80	500	1	500
B	80	500	2	1.000
C	80	650	1	650
D	80	650	2	1.300
E	80	800	1	800
F	80	800	2	1.600
G	160	500	1	500
H	160	500	2	1.000
I	160	650	1	650
J	160	650	2	1.300
K	160	800	1	800
L	160	800	2	1.600

Determinação da eficiência de limpeza

Para a avaliação da eficiência de limpeza, foi utilizada a metodologia empregada por FRANCO & FERREIRA (2005), em que foram empregadas esferas de borracha (diâmetro de 70 mm) para simular os frutos de tomate na linha de beneficiamento que recebiam uma camada de “sujeira artificial” homogênea na superfície externa.

A “sujeira artificial” aplicada à superfície das esferas foi obtida misturando-se uma parte de tinta guache preta com duas partes de adesivo para ceras comestíveis, e mais uma parte de carvão

vegetal moído e peneirado (em peneira com Mesh 48). Obteve-se, assim, uma substância viscosa, com partículas de carvão em suspensão, de cor escura, capaz de aderir às esferas, e solúvel em água, que possibilitou a análise posterior por método colorimétrico. A aplicação da sujeira nas esferas foi feita com pincel, proporcionando maior uniformidade possível (Figura 4). Após a aplicação dessa camada externa, as esferas foram secadas em temperatura ambiente e ventilado durante 30 a 40 minutos.

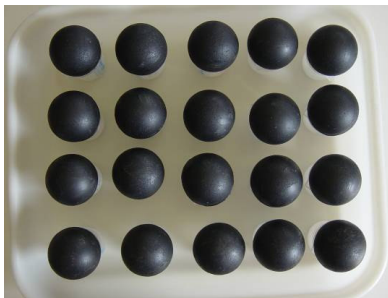


FIGURA 4. Amostras de esferas com sujeira artificial. **Rubber balls applied with “artificial dirt”.**

As esferas preparadas eram introduzidas no protótipo juntamente com frutos de tomate para garantir o tempo de limpeza de um ou dois minutos sob o sistema de aspersão, conforme tratamentos propostos (Figura 5). A seguir, aumentava-se a entrada de frutos no equipamento, fazendo com que as esferas percorressem todo o comprimento do equipamento e atingissem a caixa final de recepção. Todo o trajeto era totalizado em quatro minutos. Esse tempo foi monitorado utilizando-se de cronômetro de precisão.



FIGURA 5. Limpeza das esferas no protótipo. **Rubber balls cleaning on prototype.**

Após a passagem pelo protótipo, as esferas eram limpas, utilizando-se de equipamento provido de um anel deslizante, desenvolvido para simular limpeza à pressão constante (Figura 6). Uma amostra cortada de tecido Oxford branco era presa à ponteira do equipamento, contra o qual cada esfera era friccionada, de forma a percorrer toda a superfície externa. Assim, as eventuais impurezas restantes na superfície das esferas, após a limpeza pelo protótipo, ficavam retidas no tecido.



FIGURA 6. Processo de limpeza das esferas para a retirada das amostras de tecidos. **Cleaning procedure on rubber balls to obtain tissue samples.**

Nos ensaios experimentais, cada tratamento resultava em dez repetições ou dez amostras de tecido obtidas com a limpeza das esferas. Essas amostras eram levadas para análise em colorímetro MiniScan XE Plus HUNTERLAB, utilizando-se da escala CIELAB (L^* , a^* , b^*), visando a avaliar a intensidade de impurezas presentes no tecido após o processo de limpeza. O parâmetro L avaliado para as amostras é um parâmetro que indica, numa escala de 0 a 100, a intensidade de cor escura, sendo que o valor 0 se refere à cor preta, e o valor 100, à cor branca. Para a determinação dos valores da eficiência de limpeza para cada tratamento, comparou-se o valor do parâmetro L do tecido, antes e após a limpeza das esferas. Assim, a eficiência de limpeza (EL) foi calculada como:

$$EL = \frac{L_{\text{amostra}}}{L_{\text{tecido}}} \quad (1)$$

em que,

L_{amostra} - parâmetro L da amostra;

L_{tecido} - parâmetro L do tecido anteriormente à amostragem, e

EL - eficiência de limpeza.

A aplicação da eq.(1) resulta em valores de eficiência de limpeza entre 0 e 1, sendo 0 para ausência de eficiência e 1 para esferas completamente limpas. Para cada amostra de tecido, realizaram-se três leituras em colorímetro, obtendo, assim, 30 valores do parâmetro L para cada tratamento. Os resultados obtidos foram avaliados utilizando-se da análise de variância e da aplicação do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios, nas condições estabelecidas pelos tratamentos, obtiveram-se os valores de eficiência de limpeza conforme metodologia descrita.

Eficiência de limpeza do sistema convencional

Na Tabela 3, encontram-se os resultados referentes à análise estatística dos valores de eficiência obtidos para o sistema convencional de limpeza.

TABELA 3. Análise estatística para o parâmetro L avaliado no sistema convencional, a 5% de significância. **Statistical analysis for L value, evaluated at conventional system on significance level of 5%.**

Tratamento	Rotação (rpm)	Vazão (mL min ⁻¹)	Tempo de Permanência (min)	Volume de Água Consumido (mL)	Valor Médio L	Eficiência	Desvio-Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Grupos Homôgeneos*
A'	80	4.800	1	4.800	37,43	0,40	7,99	21,34	X
H'	160	4.800	2	9.600	50,11	0,53	12,31	24,56	O
E'	80	24.000	1	24.000	51,39	0,55	9,85	19,17	O
D'	80	12.000	2	24.000	54,13	0,58	11,31	20,89	Δ
K'	160	24.000	1	24.000	56,01	0,60	10,48	18,72	Δ
B'	80	4.800	2	9.600	56,05	0,60	12,04	21,48	Δ
G'	160	4.800	1	4.800	59,72	0,64	5,95	9,97	▼
F'	80	24.000	2	48.000	59,89	0,64	10,37	17,32	▼
L'	160	24.000	2	48.000	62,44	0,66	9,35	14,98	▼
C'	80	12.000	1	12.000	63,67	0,68	11,0	17,27	▼
I'	160	12.000	1	12.000	64,81	0,69	9,11	14,06	▼
J'	160	12.000	2	24.000	71,06	0,76	5,94	8,36	■

* cada símbolo identifica um grupo homogêneo estatisticamente diferente dos demais.

A análise estatística apresentada na Tabela 3 proporcionou cinco grupos estatísticos homogêneos, e a melhor configuração operacional para o sistema convencional foi a do Tratamento J' (160 rpm, 12.000 mL min⁻¹, e tempo de lavagem de 2 minutos), apresentando eficiência de 76%.

Esse tratamento apresentou resultados com diferenças estatísticas significativas com relação aos demais tratamentos.

Os tratamentos G', F', L', C' e I' apresentaram eficiências de 64 a 69%, porém não apresentam diferenças estatisticamente significativas, e, portanto, o Tratamento G' foi considerado com a segunda melhor eficiência, pois apresenta menor consumo de água (4.800 mL) se comparado com os demais tratamentos do grupo. As maiores eficiências (Tratamentos I' e J') foram encontradas em vazões médias (12.000 mL min⁻¹) e alta rotação. O processo de limpeza ocorre pela interação entre a superfície do objeto a ser limpo, a vazão e a pressão do sistema e o tipo de sujeira. Por meio da fricção das escovas com a esfera, ocorre a retirada da sujeira artificial, sendo que o maior tempo de exposição proporciona maior contato e interação entre as escovas e a superfície do objeto com a retirada da sujeira. Por sua vez, em maiores vazões (por exemplo: Tratamento L'), observou-se que a pressão da água proveniente dos tubos perfurados provocou espalhamento do jato, quando esse entrou em contato com as esferas, dificultando o escoamento da água pela superfície da esfera e diminuindo, assim, a eficiência de limpeza.

Eficiência de limpeza do sistema alternativo

Na Tabela 4, são apresentados os resultados referentes à análise estatística dos valores de eficiência obtidos para o sistema alternativo de aspersão para todos os tratamentos avaliados.

TABELA 4. Análise estatística para o parâmetro L avaliado no sistema alternativo, a 5% de significância. **Statistical analysis for L value, evaluated at alternative system on significance level of 5%.**

Tratamento	Rotação (rpm)	Vazão (mL min ⁻¹)	Tempo de Permanência (min)	Volume de Água Consumido (mL)	Valor Médio (L)	Eficiência	Desvio-Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Grupos Homogêneos
G	160	500	1	500	81,94	0,87	0,043	5,0	X
H	160	500	2	1.000	84,51	0,90	0,044	4,9	X 0
C	80	650	1	650	85,43	0,91	0,061	6,7	0 Δ
F	80	800	2	1.600	85,69	0,91	0,020	2,2	0 Δ
J	160	650	2	1.300	85,99	0,91	0,041	4,4	0 Δ
D	80	650	2	1.300	86,24	0,92	0,046	5,0	0 Δ ▼
A	80	500	1	500	87,11	0,93	0,052	5,6	0 Δ ▼ ■
I	160	650	1	650	87,31	0,93	0,032	3,4	0 Δ ▼ ■
E	80	800	1	800	88,03	0,94	0,030	3,2	Δ ▼ ■
L	160	800	2	1.600	88,31	0,94	0,027	2,9	Δ ▼ ■
K	160	800	1	800	89,13	0,95	0,024	2,6	▼ ■
B	80	500	2	1.000	89,57	0,95	0,020	2,1	■

* cada símbolo identifica um grupo homogêneo estatisticamente diferente dos demais.

Na comparação entre os tratamentos A, G, B e H, que operaram com vazão mínima de água (500 mL min⁻¹), ficou evidente a influência da rotação das escovas na eficiência de limpeza, e, na menor rotação (80 rpm), obtiveram-se os maiores valores de eficiência, devido ao maior tempo de contato entre a escova e a esfera. Em rotações mais baixas, a movimentação das cerdas será mais lenta na superfície da esfera, proporcionando melhor retirada de impurezas, em especial em maior tempo de exposição. Para as vazões médias (650 mL min⁻¹) e alta (800 mL min⁻¹), essa diferença não foi significativa. Entre alguns tratamentos (E-F, I-J, e K-L), foi observado que o maior tempo de permanência na etapa de limpeza não resultou em maiores níveis significativos de limpeza, possivelmente devido ao limite de eficiência do equipamento proporcionado pela associação vazão-rotação. Rotações mais altas podem não indicar maior fricção entre cerdas e a superfície das esferas. A utilização de maiores vazões pode não estar associada à maior limpeza, devido ao escorrimento do líquido sobre a superfície da esfera sem ocorrer limpeza efetiva.

Observou-se que, embora tenham sido obtidas médias diferentes para os tratamentos, o resultado obtido pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, resultou em cinco grupos homogêneos: G e H; H, C, F, J, D, A e I; C, F, J, D, A, I, E e L; D, A; I; E; L e K, e A; I; E; L; K e B. Apenas para as configurações A-G e B-H, houve diferença significativa para diferentes rotações.

Para a rotação de 80 rpm, os resultados apresentaram-se mais adequados por demandar menor consumo de água e menor rotação das escovas. As baixas rotações das escovas proporcionam, em geral, menor atrito à superfície do fruto, tendo, assim, menor incidência de danos físicos no produto. Observou-se, também, que, embora dois tratamentos tenham apresentado eficiência de 95%, não houve diferença significativa com relação aos tratamentos cuja eficiência foi de 92 e 93%. Portanto, o tratamento considerado mais adequado foi o Tratamento A, que apresentou menor consumo de água para a limpeza (500 mL de água), associado à rotação das escovas de 80 rpm. Entretanto, para vazão alta (800 mL min⁻¹), a diferença foi observada apenas entre os tratamentos F e K, com diferentes rotações (80 e 160 rpm, respectivamente) e diferentes tempos de permanência das esferas no protótipo (2 e 1 minuto, respectivamente), sendo que, para o tratamento K, o valor da eficiência foi superior ao tratamento F.

Quanto ao tempo de permanência dos frutos na etapa de limpeza, pôde-se observar que, entre os tratamentos de mesma rotação e mesma vazão (A-B, C-D, E-F, G-H, I-J e K-L), não há diferença estatística devido ao limite de eficiência máxima promovida pela associação entre vazão e rotação das escovas. Esse resultado, possivelmente, relaciona-se à limitação dessas rotações na capacidade de retirada da sujeira artificial. Portanto, utilizando-se do sistema alternativo, o aumento do tempo de permanência dos frutos de um para dois minutos resultaria apenas em maior consumo de água; desse modo, baixa rotação e baixa vazão, com o tempo mínimo de permanência na etapa de limpeza, promovem maior eficiência de limpeza.

Comparação entre os sistemas convencional e alternativo

Ao comparar os resultados obtidos para os sistemas proposto e convencional, observou-se que o sistema alternativo apresentou valores de eficiência de limpeza superiores ao sistema convencional para todos os tratamentos avaliados, com redução significativa do consumo de água. Observou-se que a menor eficiência para o sistema alternativo é 13% superior à maior eficiência obtida para o sistema convencional. Esses resultados comprovam que a utilização do bico tipo *spray* proporcionou melhor superfície de molhamento, comparado ao sistema convencional, em concordância com os resultados apresentados por SILVA et al. (2005).

Quanto ao consumo de água, o novo sistema apresentou redução de 67 a 97%, comparado a qualquer tratamento do sistema convencional.

Comparando os maiores valores de eficiência de limpeza encontrados para os dois sistemas (76% - convencional e 95% - alternativo), houve diferença de 19%, e entre os menores valores (40% - convencional, 87% - alternativo), a diferença foi de 47%.

O sistema convencional opera com pressão de água de 0,96 kPa, para a vazão de 12.000 mL min⁻¹. Ao utilizar o bocal de *spray* Quick Full Jet-ProMax (QPHA-1.5), a pressão necessária para a formação do jato para a vazão de 500 mL min⁻¹ é de 58 kPa, e para 800 mL min⁻¹ é de 164 kPa. Dessa forma, o sistema proposto dependerá das condições disponíveis nas unidades de beneficiamento, necessitando utilizar sistemas de bombeamento, o que demandará maior consumo de energia elétrica. Porém, verifica-se que, ao se trabalhar com pressões altas, a eficiência de limpeza aumenta consideravelmente.

A esfera utilizada na simulação do produto, assim como o tomate, apresenta superfícies lisas, favorecendo a remoção de sujeiras, se comparado a outras hortaliças de superfícies rugosas, como, por exemplo, a batata. Portanto, existe a indicação de que a interação rotação *versus* rugosidade da superfície pode proporcionar melhor ou pior eficiência de limpeza.

CONCLUSÕES

A introdução de tecnologias comerciais já existentes em sistemas de limpeza de tomate de mesa pode proporcionar a otimização do processo de beneficiamento, com a redução significativa no consumo de água e o aumento considerável na eficiência de limpeza, comparado às do sistema tradicionalmente utilizado. Para o sistema proposto, a eficiência de limpeza mostrou-se relacionada à interação entre rotação das escovas e a vazão de água; sendo assim, apenas o aumento no volume de água e maiores rotações, não necessariamente, implica maiores eficiências. Observou-se melhor eficiência com baixa rotação e baixa vazão, com o tempo mínimo de permanência na etapa de limpeza. Embora a utilização de *spray* possa exigir consumo adicional de energia elétrica na unidade de beneficiamento, a qualidade do produto torna-se superior, podendo proporcionar aumento de receita, além de causar redução no consumo da água, o que determinará redução de custos e tornará o processo ambientalmente mais correto com relação a esse fator.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/PIBIC, pelo apoio na forma de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor, que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho, e à FAPESP (projeto 02/00645-7) e ao Sistema Prodetab/Embrapa (Projeto 055/02/01), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2003: *anuário da agricultura brasileira*. Tomate. São Paulo: FNP, 2002. p.515-22.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agricultura brasileira em números*. Anuário 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/AGRICULTURA_EM_NUMEROS_2005/03.02.21_1.XLS>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- CASER, D.V.; CAMARGO, AM.M.P.; GHOBIL, C.N.; CAMARGO, F.P.; ANGELO, J.A.; GIANNOTTI, J.G.; OLIVETTE, M.P.A.; FRANCISCO, V.L.F.S. *Previsões e estimativas das safras agrícolas do Estado de São Paulo, ano agrícola 2005/06*. Intenção de plantio e levantamento final, ano agrícola 2004/05. Setembro de 2005. São Paulo, v.36, n.1, p.104-23, jan. 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/producao/ps-0905-11-t.php>>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL- FAEPE, 2005.
- FRANCO, A.T.O.; FERREIRA, M.D. Eficiência do processo de limpeza em equipamento de beneficiamento de tomate de mesa. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2005, Campinas. *Anais...* Campinas: UNICAMP/Pró-Reitoria de Pesquisa, 2005. 1 CD-ROM.
- MARCOS, S.K. *Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método Q. F. D. (Quality Function Deployment) comercializado em um supermercado*. 2001. 200 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- SILVA, M.C.; TESTEZLAF, R.; FERREIRA, M.D. Proposta de mecanismo de lavagem em equipamentos de beneficiamento de tomate de mesa. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.637-43, 2006.